

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales

Universidad Nacional de La Plata



Trabajo Final

Título:

**Estrategias alternativas de barbecho: su efecto sobre la actividad microbiana del
suelo**

Modalidad:

Investigación

Domínguez, Franco Agustín

Legajo: 27224/0

DNI: 38042717

dominguezfrancoagustin@gmail.com

Rivas Barcellandi, Luciano Gabriel

Legajo: 27410/0

DNI: 38512246

lucianorivasbarcellandi@gmail.com

Director: Voisin, Axel Iván

Co-director: Balagué, Laura

Fecha: 17/5/2021

INDICE

1	RESUMEN.....	3
2	INTRODUCCION.....	4
2.1	Antecedentes	4
2.2	Materia orgánica y calidad del suelo	5
2.3	Estrategias de barbecho alternativas.....	6
2.4	La actividad biológica como indicador de calidad de suelos.....	7
2.5	Actividad respiratoria.....	8
2.6	Actividad enzimática.....	8
3	OBJETIVO GENERAL	11
4	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
5	HIPÓTESIS:	11
6	MATERIALES Y MÉTODOS	11
6.1	Sitio experimental.....	11
6.2	Tratamientos y diseño experimental	12
6.3	Condiciones ambientales.....	14
6.4	Determinaciones.....	14
6.5	Procesamiento de datos	15
7	RESULTADOS	15
7.1	Condiciones ambientales.....	15
7.2	Comparaciones entre secuencias para los diferentes momentos	16
7.3	Impacto de los tratamientos según el momento de muestreo	18
7.4	Distintos momentos	22
8	DISCUSION.....	24
8.1	Secuencias.....	24
8.2	Tratamientos y respiración	25
8.3	Tratamientos actividad enzimática.....	26
8.4	Momentos.....	27
9	CONCLUSION.....	29
10	BIBLIOGRAFÍA	29

1 RESUMEN

El proceso de agriculturización pampeano ha conducido a una pérdida progresiva en las propiedades de los suelos. Los aportes de materia orgánica provenientes de materiales compostados y cultivos de cobertura pueden dar solución a esta problemática. El objetivo del presente trabajo fue analizar los efectos de la aplicación de diferentes enmiendas orgánicas y cultivos de cobertura sobre la actividad microbiológica edáfica de un suelo bajo dos secuencias de cultivos extensivos. Se evaluó la actividad respiratoria y la actividad de la enzima ureasa en cada secuencia de cultivo, bajo diferentes tratamientos de barbecho, en distintos momentos del año (febrero y septiembre).

Sobre cada secuencia se realizaron 5 tratamientos de barbecho entre los cultivos de verano: agregado de compost cama de pollo; compost de cama de caballo y guano de conejo; compost de residuos sólidos urbanos; implantación de cultivos de cobertura y fueron comparados con un testigo sin compost ni cultivo de cobertura. No se detectaron interacciones estadísticas entre secuencias y tratamientos. En ningún momento evaluado se encontraron diferencias significativas según la secuencia para ambos parámetros. El tratamiento compost cama de pollo se diferenció estadísticamente y fue el que mayor actividad de la enzima ureasa y actividad respiratoria indujo. Los restantes tratamientos con compost y cultivo de cobertura quedaron en posiciones intermedias en los distintos momentos, pero todos los tratamientos provocaron mayor actividad microbiana que el testigo. Los distintos momentos analizados no arrojaron diferencias significativas en la actividad respiratoria, mostrando un leve aumento en septiembre. La actividad de la enzima ureasa se diferenció según el momento, siendo mayor la actividad de febrero, invirtiendo la tendencia observada en respiración, pudiendo ser el factor ambiental el determinante de este comportamiento. Se concluye que la aplicación de compost

dentro de las secuencias y el uso de cultivos de cobertura conduciría a una mejora de la calidad biológica del suelo y a una agricultura más sustentable.

2 INTRODUCCION

2.1 Antecedentes

En las últimas décadas se acrecentó el uso continuo de las tierras para cultivos agrícolas en la Región Pampeana Argentina. Este proceso llamado por ciertos referentes como “agriculturización” (Barsky & Gelman, 2001; Paruelo *et al.*, 2006; Manuel Navarrete & Gallopín, 2007; Zarrilli, 2010; Manzanal, 2017), ha generado repercusiones en las distintas dimensiones que componen la región (ecológica, económica, productiva y social). Las características del mismo varían de acuerdo a los contextos (ambientales y socio-económicos) de cada región, determinando el tipo de consecuencias generadas y las diversas maneras de afrontarlas.

En la Región Pampeana, la expansión de la frontera agrícola desplazó no solo a la ganadería hacia sectores marginales o a producirla en pequeñas dimensiones (feedlot), sino que también a tierras ocupadas por cultivos forrajeros perennes y de pastizales naturales, reemplazando la rotación agrícola - ganadera tradicional por la agricultura continua (Auer *et al.*, 2019). Cruzate & Casas (2012) mencionan que estamos cada vez más cerca de llegar a un punto máximo de tierras ocupadas por la agricultura, sin embargo, al existir brechas productivas hacen que la producción nacional siga aumentando en pos de desplazar las demás actividades que también son de vital importancia para el país. Aun así y conociendo todas las problemáticas que esto ocasiona, la demanda en la producción de alimentos, impulsando el uso inadecuado y hasta excesivo de los recursos naturales (limitados), sigue aumentando a pasos agigantados. Además de todo esto, la intensificación de las actividades agrícolas y aparejado a ello malas prácticas en el manejo, no respetando los ambientes determinados de cada región, ha provocado la degradación de los suelos (recurso frágil y vulnerable) dañándolo, a veces, irreversiblemente cuando se utiliza a

un grado de intensidad mayor que su capacidad de uso, trayendo como consecuencia el deterioro de la calidad edáfica en vastas zonas del planeta (Ferrerías *et al.*, 2009).

Este proceso de degradación de los suelos, fundamentalmente como consecuencia de la implementación de la agricultura continua, del uso de sistemas de labranza agresivos y de la amplia difusión del doble cultivo trigo/soja de segunda, además del monocultivo de soja y el paquete tecnológico que trae consigo, ha conllevado a una pérdida progresiva en las propiedades de los suelos. Estos paquetes tecnológicos implican una reducción paulatina en la rentabilidad del sector y una intensificación de los procesos de degradación del suelo, sintomático de una carencia de sustentabilidad del sistema productivo (Sarandón *et al.*, 2002).

2.2 Materia orgánica y calidad del suelo

Uno de los aspectos más notorios en los que puede verse reflejado es en la disminución en los tenores de materia orgánica, afectando marcadamente en los parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo (Lanfranco *et al.*, 2014).

Julca Otiniano *et al.*, (2006) afirman que la materia orgánica cumple un rol fundamental en la determinación de la calidad y salud de los suelos, actuando en las distintas dimensiones del mismo. Tiene efecto directo sobre las propiedades físicas, formando agregados mediante la unión con arcillas (complejos arcillo-húmicos), dando estabilidad estructural, consecuentemente favoreciendo el intercambio gaseoso, la penetración y retención del agua en el perfil, disminuyendo los riesgos por erosión hídrica. En cuanto a su efecto sobre las propiedades químicas, aumenta la capacidad de intercambio del suelo (reserva de nutrientes para la vida vegetal), y su capacidad buffer. También favorece las propiedades biológicas, estimula los procesos de mineralización, el desarrollo de la cubierta vegetal, sirve de alimento a una multitud de microorganismos, estimulando el crecimiento de la planta en un sistema ecológico equilibrado y sustentable. También destacan el rol de la materia orgánica en el suelo

que facilita los mecanismos de absorción de sustancias peligrosas como los plaguicidas.

Por estos motivos es de vital importancia mantener su contenido y, frente a procesos de pérdida comentados anteriormente, aumentarlo hasta niveles cercanos a los tenores originales (Trinidad Santos *et al.*, 2016).

2.3 Estrategias de barbecho alternativas

Modificar las estrategias de barbecho, aumentar la cantidad de residuos vegetales e incorporar diversos materiales compostados a los suelos, podrían intentar dar respuesta a la problemática planteada precedentemente.

Ruffo & Parsons (2004) y Boccolini *et al.*, (2019) indican que la utilización de cultivos de cobertura (CC), para disminuir el déficit de carbono en los suelos, han sido efectivos ya que aportan cantidades significativas de carbono orgánico (materia orgánica). Además, contribuyen a contrarrestar la compactación, ayudan al control de malezas, protegen la calidad del agua superficial y subterránea al evitar la lixiviación y el escurrimiento de nitratos y fósforo. Por otro lado, aportan nitrógeno mineral al cultivo sucesor, proveen el hábitat para insectos benéficos, incrementan la actividad microbiológica. Como se observa en Ferraras *et al.*, (2010), donde ensayos con CC arrojaron valores significativamente mayores de actividad enzimática microbiana frente a tratamientos con rotaciones tradicionales. Como también otros beneficios, dentro de los cuales se puede destacar la mayor eficiencia en el uso del agua del suelo que otorgan los CC al evitar grandes pérdidas por evaporación como sí ocurren en suelos sin cobertura (Fernández *et al.*, 2012).

Estos CC no se incorporan al suelo, tampoco son pastoreados ni cosechados (Scianca *et al.*, 2007), por lo que la fijación de carbono atmosférico es prácticamente neta. Los CC más empleados son gramíneas invernales como el centeno, el triticale, la avena; y leguminosas como vicia y trébol, utilizándose normalmente en mezclas (gramínea y

leguminosa) para obtener los beneficios propios de cada cultivo (Boccolini *et al.*, 2019).

Por otro lado, la aplicación de compost de origen vegetal o animal también favorece el aumento del contenido de materia orgánica. Además, proveen beneficios adicionales: aportan nutrientes; mejoran la agregación del suelo (estructuración), por lo que afecta directamente a la retención hídrica y la aireación; por lo tanto, al crecimiento de las plantas y desarrollo de los sistemas radiculares (Ferrerías *et al.*, 2006). Los aportes de compost estimulan la actividad microbiana, Zhen *et al.*, (2014) reportan que los tratamientos con fertilizantes compostados provocan una mayor tasa de respiración, mayor actividad enzimática y mayor biomasa que tratamientos sin fertilizar e incluso sobre aquellos con fertilizaciones inorgánicas (más utilizadas en la actualidad).

2.4 La actividad biológica como indicador de calidad de suelos.

Los aportes de materia orgánica provenientes de los CC y de materiales compostados, afectan directamente a la calidad edáfica, es por ello que estimar la calidad de los suelos es de suma importancia, ya que permite establecer el impacto de los distintos sistemas de manejo utilizados en los agroecosistemas (Ferrerías *et al.*, 2009). Según (Acton & Gregorich, 1995) la calidad de un suelo es la condición de éste para mantener el crecimiento de las plantas sin que ocurra degradación ni daños en el medio ambiente.

La composición y cantidad de la materia orgánica juegan un papel fundamental en el funcionamiento y, por lo tanto, en la sustentabilidad de los sistemas agropecuarios, impactando en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, las cuales suelen ser utilizadas como parámetros de la calidad del suelo (Ferrerías *et al.*, 2009). Pero las transformaciones de estas variables a causa de disturbios sobre el sistema pueden requerir muchos años en ser visibles y, por lo tanto, su medición y cuantificación no son prácticas a la hora de su evaluación inmediata. Es por este motivo que es beneficioso utilizar parámetros biológicos y bioquímicos para medir la

calidad edáfica en el corto plazo, ya que tienden a reaccionar de manera más rápida y sensible frente a los cambios de manejo (Ferrerías *et al.*, 2009). A la hora de su determinación, la actividad microbiana edáfica es un factor de vital importancia por cumplir un rol clave en el mantenimiento y la dinámica del ciclo de la materia orgánica y los nutrientes (Tripathi *et al.*, 2007), participando en la biodegradación o mineralización, generando un reservorio de nutrientes en sus formas lábiles (Solís & Martínez, 2004) y, por consiguiente, esenciales para la fertilidad del suelo.

2.5 Actividad respiratoria.

Una de las principales determinaciones a realizar para determinar la calidad edáfica es cuantificar la respiración microbiana, proceso oxidativo de sustratos orgánicos carbonados hasta dióxido de carbono (CO₂), forma por la cual la microbiota aerobia obtiene la energía necesaria para cumplir sus funciones vitales (Durang *et al.*, 2015). La tasa respiratoria se expresa en volumen de dióxido de carbono (CO₂) liberado por unidad de peso de suelo en un tiempo determinado de incubación. Este volumen desprendido es directamente proporcional a la actividad metabólica de los organismos aerobios que habitan el suelo (Martínez *et al.*, 2008). La respiración microbiana y su dinámica variará en función de diversos factores biofísicos y climáticos; por lo tanto, se verá afectado por la mineralogía, la temperatura del suelo, el pH, la cobertura vegetal, los distintos usos y tipos de manejos de la tierra, así como la cantidad y calidad de los residuos animales o vegetales que se incorporen, entre otros (Lang Ovalle *et al.*, 2007).

2.6 Actividad enzimática.

Otro parámetro a tener en cuenta es la determinación de la actividad enzimática. Las enzimas microbianas se pueden considerar “sensores” de las condiciones tanto microbiológicas como fisicoquímicas de los suelos, ya que integran información de ambas (Aon&Colaneri, 2001). Además, son consideradas como un fiel reflejo de la potencialidad del suelo a realizar procesos bioquímicos específicos (Chocano *et al.*,

2007). La actividad enzimática y su estabilidad dependen de factores diversos, como el pH, la biomasa microbiana, la vegetación, los minerales arcillosos, la humedad, los contenidos de materia orgánica y, sobre todo, de las prácticas de manejo y los cultivos seleccionados (Vázquez & Dávila, 2007). Varios estudios se han realizado sobre las enzimas del suelo: e.g. Tabatabai & Bremner (1972) analizan la actividad de la enzima ureasa en suelos de distintas características físico-químicas en Iowa, EEUU; Palma & Conti (1990) comparan la actividad ureásica de distintas muestras de suelo con distintos cultivos y tomadas a distintas profundidades en la provincia de Buenos Aires; en el caso de Aon & Colaneri (2001), también en la misma provincia, utilizan la actividad de las enzimas ureasa, β -glucosidasas y fosfatasas como indicadores tempranos de perturbaciones sobre los suelos, siendo esta práctica más efectiva que la medición de carbono total; Zamora *et al.*, (2005) observan cómo afectan las distintas rotaciones de cultivos hortícolas del estado de Falcon (Venezuela) a la actividad de las enzimas deshidrogenasa y fosfatasa alcalina y, plantean su uso como indicadores de calidad del suelo; Albiach *et al.* (2006) plantean el análisis de las enzimas fosfatasas, ureasas, deshidrogenasas, fosfodiesterasas y arilsulfatasa frente a la aplicación de distintas enmiendas orgánicas (compost) en Moncada (Valencia, España); por otro lado Tripathi *et al.*, (2007) estudian la dinámica de las enzimas ureasa, fosfatasa y β -glucosidasa afectados por la salinidad en suelos productivos costeros de la Bahía de Bengala, India; en cuanto a Salamanca Romero, C. A. (2008) analiza como la aplicación de residuos orgánicos de la industria cañera colombiana afectan la actividad biológica del suelo mediante la medición de las enzimas ureasa y nitrogenasa; en la Región Pampeana Ferreras *et al.*, (2009) establecen la dinámica de las enzimas fosfatasa ácida, deshidrogenasa y ureasa como indicadores de degradación o recuperación de los suelos; Ferreras *et al.*, (2010) analizaron la actividad de las enzimas ureasa, fosfatasa ácida y deshidrogenasa en ensayos con distintas rotaciones de cultivos

extensivos pampeanos con la utilización de CC; Zhen *et al.*, (2014) analizan en la provincia de Shandong (China) la aplicación de residuos compostados y fertilizantes bacterianos para la recuperación de la calidad de suelos y midiéndola en función de su actividad biológica, dentro de la cual establecen la variación de la enzima ureasa.

Se puede ver claramente que las enzimas más estudiadas son las deshidrogenasas (oxidorreductasas), las fosfatasas y las ureasas (hidrolasas). La actividad de la enzima ureasa, cumple su función en el ciclo del nitrógeno catalizando la hidrólisis de la urea en carbonato de amonio (Tabatabai & Bremner, 1972; Ferreras *et al.*, 2009). El mismo puede permanecer de esa forma en el suelo y brindar amonio soluble a los vegetales, o continuar diversos caminos: como la nitrificación, donde continúa oxidándose a nitritos (NO_2) y luego a nitratos (NO_3), estos últimos aprovechables por los cultivos; ser inmovilizado por la microbiota del suelo pasando a formar parte de compuestos orgánicos nitrogenados; o volatilizarse, al transformarse en especies gaseosas y migrar a la atmósfera (Palma & Conti, 1990). Por estos motivos, y debido a su gran movilidad, este nutriente en sus formas lábiles se encuentra en cantidades muy pequeñas dentro del suelo, y se presenta en forma orgánica principalmente (no absorbible), debiendo ser mineralizado para poder quedar disponible. También se debe tener en cuenta que el nitrógeno es uno de los nutrientes que más impacta en la productividad de los agroecosistemas (Di Ciocco *et al.*, 2013), destacándose este efecto en los periodos críticos de los cultivos.

Analizar la dinámica de la enzima ureasa y la actividad respiratoria puede brindarnos información de gran importancia para establecer la calidad edáfica y las consecuencias sobre ella, frente a distintas secuencias de cultivos y estrategias de barbecho, como la siembra de cultivos de cobertura y/o el agregado de distintos materiales compostados.

3 OBJETIVO GENERAL

Analizar los efectos de la aplicación de diferentes enmiendas orgánicas y cultivos de cobertura sobre la actividad microbiológica edáfica de un suelo bajo dos secuencias de cultivos extensivos.

4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la actividad respiratoria en cada tratamiento y secuencia de cultivo.
- Determinar la actividad de la enzima ureasa en cada tratamiento y en cada secuencia de cultivo.
- Comparar los momentos de muestreo entre sí.

5 HIPÓTESIS:

- La aplicación de enmiendas orgánicas y el uso de CC, favorecerá de manera significativa la actividad microbiana frente al manejo convencional de barbecho.

6 MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Sitio experimental

El ensayo a campo se realizó en la Estación Experimental Julio Hirschhörn (34° 52' LS, 57° 58' LO), localizada en Los Hornos, partido de La Plata, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata. El suelo seleccionado es un Argiudol típico, serie Centeno, descripto por Lanfranco y Carrizo (1988, sin editar) clasificado taxonómicamente como: Argiudol vértico, Familia arcillosa fina illítica térmica.

En el año 2017 en el marco de un proyecto de investigación se iniciaron ensayos de rotaciones de cultivos donde se manejan dos secuencias: (S1) trigo/soja² – soja - soja y (S2) cebada/soja² - maíz – soja. En ese mismo año al inicio de los ensayos el suelo presentaba las siguientes condiciones (Tabla 1):

Tabla 1. Datos del suelo junio de 2017

Nutrientes	Unidad	Valor
CO	(%)	1,75
MO	(%)	3,02
P Bray	(ppm)	8,2
Nt	(%)	0,164
pH		5,9
Da	(g /cm ³)	1,2
CaC (60 cm Prof)	(mm)	278
PMP (60 cm Prof)	(mm)	115

CO: Carbono orgánico; MO: Materia orgánica; P Bray: Fosforo Bray-Kurtz; Nt: Nitrógeno total; pH: Acidez; Da: Densidad aparente; CaC: Capacidad de campo; PMP: Punto de marchitez permanente

6.2 Tratamientos y diseño experimental

En cada una de las secuencias planteadas anteriormente se realizan 5 tratamientos de barbecho entre los cultivos de verano que consisten en: (CP) agregado de compost cama de pollo; (CCC) compost de cama de caballo y guano de conejo; (RSU) compost de residuos sólidos urbanos; implantación de cultivos de cobertura (CC) y por último un testigo sin compost ni cultivo de cobertura (T).

A los fines de este trabajo se abordaron la evaluación de la actividad respiratoria y de la enzima ureasa en dos momentos del año (2019). Se tomaron muestras compuestas de suelo a 7 cm de profundidad en febrero, momento que coincidió con los cultivos de soja (S1) y maíz (S2) que sucedieron a los tratamientos de barbecho. El segundo muestreo se realizó a fines de septiembre, momento que concordó con el lapso final del barbecho luego de repetir los distintos tratamientos.

El diseño experimental fue en parcelas divididas con cuatro repeticiones, correspondiendo la parcela principal a la secuencia de cultivos y las subparcelas al tratamiento de barbecho.

Los compost se aplicaron en el mes de agosto del 2018 y agosto del 2019 a una dosis de 20 t ha⁻¹ (referidas a peso húmedo). Las características de los mismos se detallan en las Tablas 2 y 3 respectivamente.

Tabla 2: Características de los compost aplicados en 2018

Compost	H	MO	CO	Nt	Pt	C/N	pH	CE
	-----%-----						(1:1)	dS m ⁻¹
CP	52	50	27,8	2,5	1,3	11	8,5	16,2
CCC	63	58	32,2	2,6	1,2	12	6,7	5,56
RSU	49	44	24,4	1,9	0,4	13	7,2	10,53

H: Humedad; MO: Materia orgánica; CO: Carbono orgánico; Nt: Nitrógeno total; Pt: Fosforo total; C/N: Relación carbono-nitrógeno; pH: Acidez; CE: Conductividad eléctrica.

Tabla 3: Características de los compost aplicados en 2019

Compost	H	MO	CO	Nt	Pt	C/N	pH	CE
	-----%-----						(1:2,5)	dS m ⁻¹
CP	53	46	25,6	1,8	1,2	14	7,03	2,82
CCC	60	45	25	1,6	1,1	15	6,07	3,57
RSU	57	42	23,4	1,5	0,4	16	6,16	2,43

H: Humedad; MO: Materia orgánica; CO: Carbono orgánico; Nt: Nitrógeno total; Pt: Fosforo total; C/N: Relación carbono-nitrógeno; pH: Acidez; CE: Conductividad eléctrica.

El CC consistió en una mezcla de *Vicia sativa* y *Avena sativa* y se manejaron en siembra directa. El aporte de materia seca durante el barbecho 2018 fue de 2200 y 2233 kg ha⁻¹ para S1 y S2 respectivamente y durante el 2019 el aporte fue de 4985 kg ha⁻¹ para la S1 y 3335 kg ha⁻¹ para S2.

En la figura 1 se muestran las tareas realizadas durante el año 2018 en forma cronológica.



Figura 1. Línea de tiempo de las actividades realizadas el año 2018.

La representación cronológica de las tareas del año 2019 se presenta en la figura 2.



Figura 2. Línea de tiempo de las actividades realizadas el año 2019.

6.3 Condiciones ambientales

Al ser la actividad biológica, además de otros factores, altamente dependiente de las condiciones ambientales imperantes, durante todo el ensayo se monitorearon los datos de temperatura del aire y el suelo, y las precipitaciones. “Los datos meteorológicos se registraron con el modelo Davis Advantage Pro2, ubicada: lat 34° 59” S - long 57° 59”W de G - a.s.n.m. 45 m y procesados por el Ing. Agr. H. Martin Pardi de la sección agrometeorología dependiente de la Estación Experimental “Ing. Agr. Julio Hirschhorn” y la cátedra de Climatología y Fenología Agrícola de la FCAyF, U.N.L.P.”

6.4 Determinaciones

Se midió la actividad respiratoria del suelo a partir de 50 g de suelo tamizado a 2 mm. Se colocó la muestra en un recipiente de cierre hermético, se llevó hasta capacidad de campo y se agregó un vaso con 15 ml NaOH 1N. Allí se incubó durante 7 días a 28°C. Se utilizaron como controles frascos sin suelo y con la trampa de NaOH. El CO₂ producido por la respiración se recuperó en el vaso con NaOH y el exceso se tituló con HCl 1N en presencia de BaCl₂ y fenoltaleína como indicador (Frioni, L. 1999).

La actividad de la enzima ureasa fue estimada a partir de una muestra de suelo incubado durante dos horas a 37°C en agitador vaivén, con una solución de urea

(Nannipieri *et al.*, 1978) y luego por fotolorimetría se determinó la concentración de NH_4 . Para esto se realizaron lecturas de absorbancia a una longitud de onda de 635 nm utilizando un espectrofotómetro UV.

6.5 Procesamiento de datos

Con los datos obtenidos se procedió a un análisis de la varianza y se utilizó el test de LSD ($P < 0,05$) para la separación de medias. Para este fin, se usó el software Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2016).

7 RESULTADOS

7.1 Condiciones ambientales

A partir de los datos meteorológicos obtenidos se elaboró un gráfico comparativo (Figura 3), entre las precipitaciones acumuladas mensuales desde agosto del 2018 a septiembre del 2019, comparadas con los valores históricos de las mismas; también se observa la marcha anual de la temperatura media mensual del suelo.

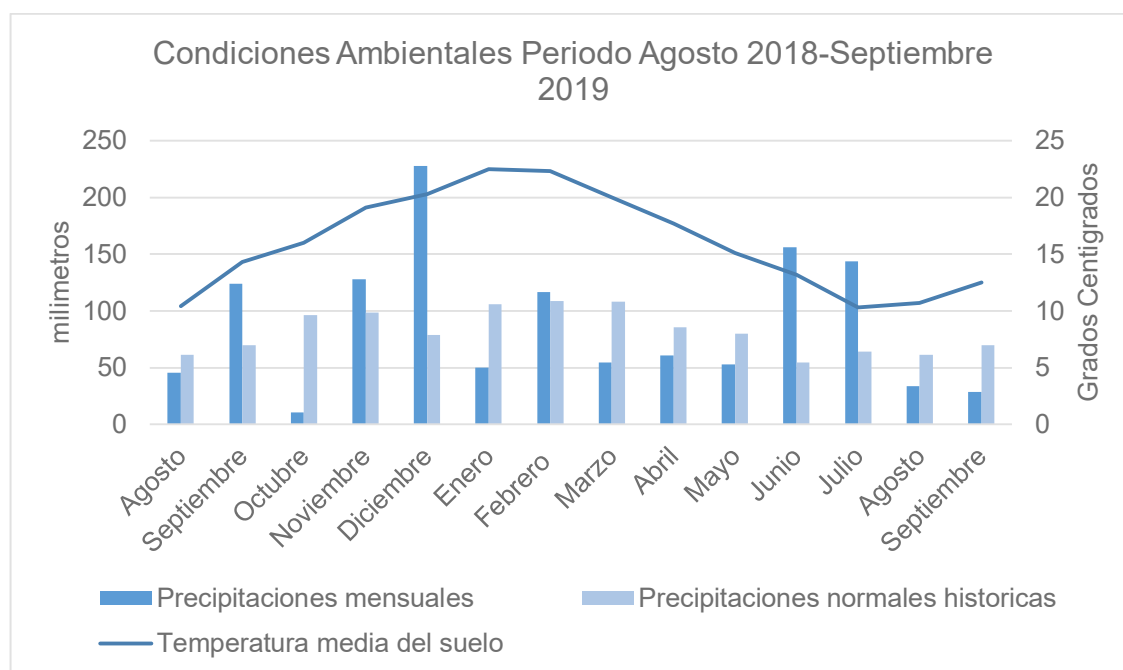


Figura 3. Precipitaciones mensuales desde agosto de 2018 a septiembre de 2019, precipitaciones historias y temperatura media del suelo.

Como se puede vislumbrar en el gráfico, la temperatura edáfica dibuja una curva típica mostrando los menores valores en los meses invernales, llegando a valores cercanos a los 10°C; en los meses estivales la curva toma los valores máximos alcanzando temperaturas de alrededor de 22°C.

Las precipitaciones normales históricas se muestran bien distribuidas a lo largo del año, siendo más cercanas a valores de 100mm en los meses coincidentes con los de mayores temperaturas, y mermando en los meses invernales a valores cercanos a los 50mm.

En cuanto a las precipitaciones de este ciclo en particular dejamos de observar una distribución homogénea para ver meses de grandes acumulaciones contrastantes con meses donde difícilmente se acumularon algunos milímetros en el perfil del suelo. En los meses de agosto y octubre del año 2018 las precipitaciones se mantuvieron por debajo que los niveles normales, destacando las escasas lluvias del mes de octubre. A la par de esos meses septiembre, noviembre y diciembre superan los valores normales históricos, este último mes con amplia diferencia llegando a ser el mes más lluvioso (227,8 mm) de todo el periodo evaluado. En los meses del año 2019, solamente tres meses presentaron mayores precipitaciones que los valores históricos; febrero lo supero por muy poco (menos de 10 mm), en junio y julio los valores fueron claramente mayores. En cuanto al resto de los meses de ese año, se mantuvieron por debajo de los valores normales, en muchas ocasiones no presentando valores mayores a 50 mm.

7.2 Comparaciones entre secuencias para los diferentes momentos

Tanto para la actividad respiratoria como para la actividad de la enzima ureasa, no se encuentran interacciones entre las secuencias y tratamientos.

En primer término, se analiza el impacto de las secuencias sobre la actividad respiratoria edáfica en cada uno de los momentos donde se realizaron las determinaciones (Figura 4).

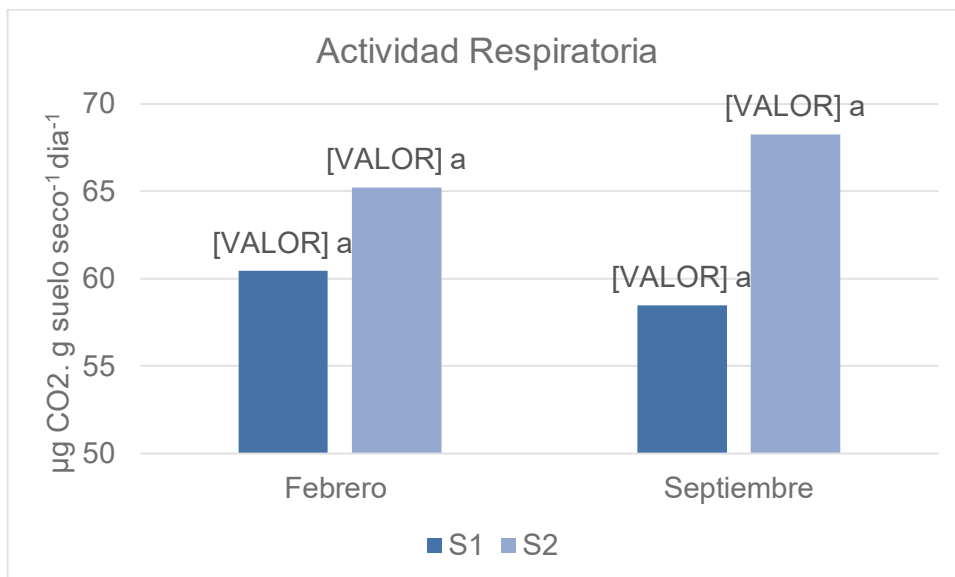


Figura 4. Actividad respiratoria ($\mu\text{g CO}_2 \text{ g suelo seco}^{-1} \text{ día}^{-1}$) para las dos secuencias de cultivos (S1 y S2) en los diferentes momentos evaluados. Para cada momento letras diferentes indican diferencias significativas (Test LSD, $p < 0,05$)

Como se observa en el gráfico, en el mes de febrero S1 arroja un valor de $60,4 \mu\text{g CO}_2 \text{ g suelo seco}^{-1} \text{ día}^{-1}$ y S2 acumula un total de $65,2 \mu\text{g CO}_2 \text{ g suelo seco}^{-1} \text{ día}^{-1}$.

En la toma de muestras realizada en el mes de septiembre se obtuvo un valor de $58,5 \mu\text{g CO}_2 \text{ g suelo seco}^{-1} \text{ día}^{-1}$ para S1, y en el caso de S2 arrojo valores de $68,2 \mu\text{g CO}_2 \text{ g suelo seco}^{-1} \text{ día}^{-1}$. Se obtuvieron mayores tasas de respiración en S2 con respecto a S1, como queda demostrado en la gráfica. Sin embargo, esas diferencias no alcanzan a ser estadísticamente significativas.

Subsiguientemente, se analizó la actividad de la enzima ureasa en el mismo escenario planteado para el caso de respiración (figura 5).

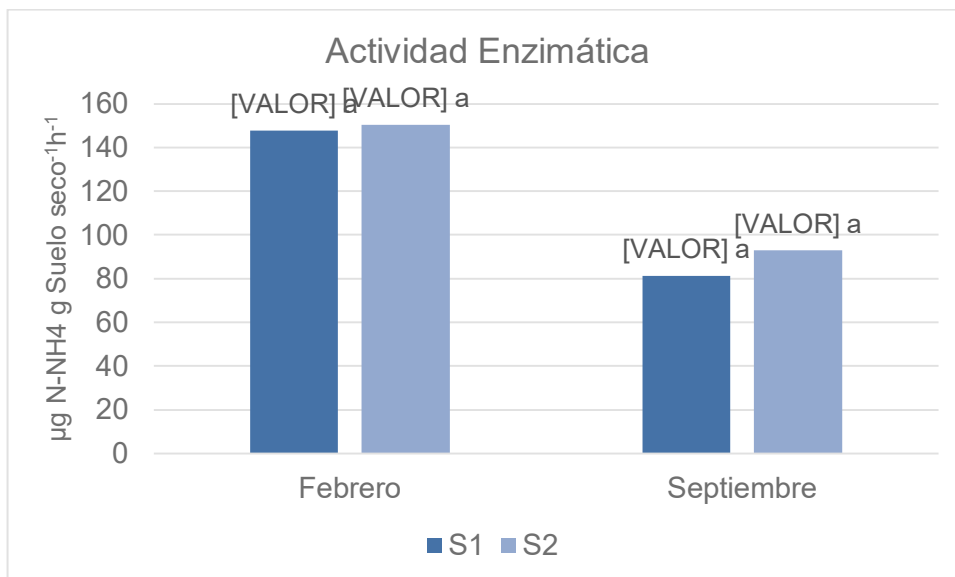


Figura 5. Actividad de la enzima ureasa ($\mu\text{g N-NH}_4 \text{ g Suelo seco}^{-1}\text{h}^{-1}$) para las dos secuencias de cultivos (S1 y S2) en los diferentes momentos evaluados. Para cada momento letras diferentes indican diferencias significativas (Test LSD, $p < 0,05$)

En este caso, como resultado de los análisis de laboratorio, se observa que en el mes de febrero S1 muestra valores de $147,7 \mu\text{g N-NH}_4 \text{ g Suelo seco}^{-1}\text{h}^{-1}$, S2 un valor de $150, \mu\text{g N-NH}_4 \text{ g Suelo seco}^{-1}\text{h}^{-1}$.

Por otro lado, en el mes de septiembre para S1 se observa un valor de $81,2 \mu\text{g N-NH}_4 \text{ g Suelo seco}^{-1}\text{h}^{-1}$. Para el caso de S2, el resultado fue de $93 \mu\text{g N-NH}_4 \text{ g Suelo seco}^{-1}\text{h}^{-1}$.

Las pequeñas diferencias que resultan de la comparación entre secuencias no son significativas para cada momento. Por lo tanto, no se obtuvieron diferencias de significancia entre las secuencias, tanto para el caso de la actividad respiratoria como para la enzimática.

7.3 Impacto de los tratamientos según el momento de muestreo

La determinación de la actividad respiratoria en función de los tratamientos realizados en el mes de febrero se muestra en la figura 6.

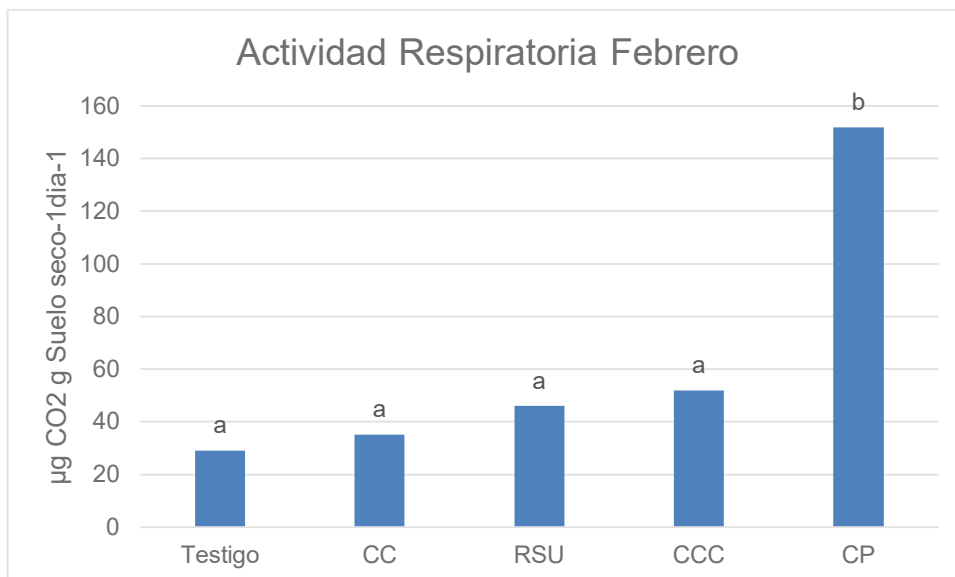


Figura 6. Actividad respiratoria ($\mu\text{g CO}_2 \text{ g Suelo seco}^{-1}\text{día}^{-1}$) del mes de febrero para los diferentes tratamientos. Testigo: sin compost ni cultivo de cobertura; CC: Cultivo de cobertura; RSU: Compost de residuos sólidos urbanos; CCC: Compost de cama de caballo y guano de conejo; CP: Compost de cama de pollo. Para cada tratamiento letras diferentes indican diferencias significativas (Test LSD, $p < 0,05$).

Los resultados obtenidos en febrero muestran que solamente se diferenció el tratamiento CP con respecto al resto de los tratamientos. Este obtuvo un valor de $152 \mu\text{g CO}_2 \text{ g Suelo seco}^{-1}\text{día}^{-1}$. El resto de los tratamientos no superaron $52 \mu\text{g CO}_2 \text{ g Suelo seco}^{-1}\text{día}^{-1}$ que corresponde a CCC.

En la figura 7 se muestra la actividad respiratoria para el mes de septiembre.

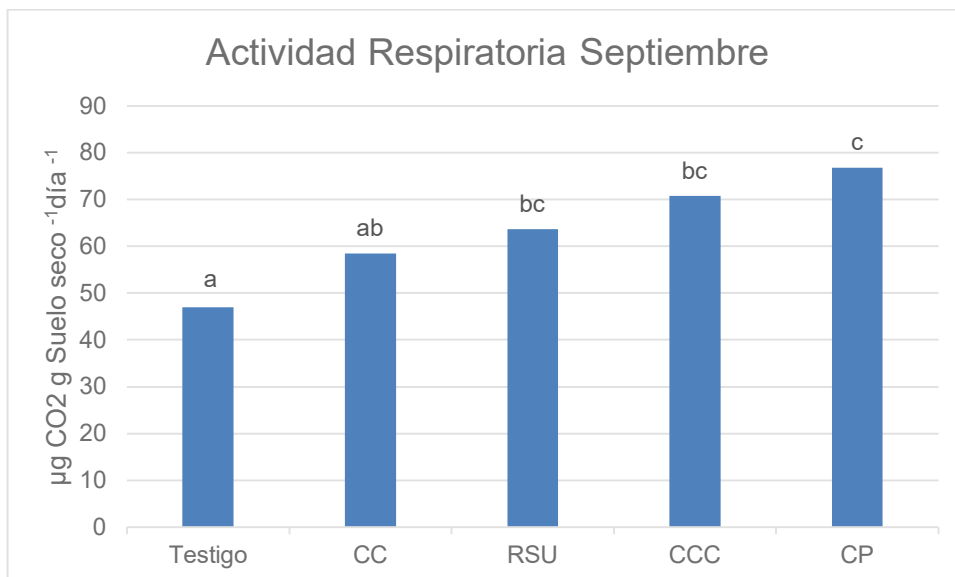


Figura 7. Actividad respiratoria ($\mu\text{g CO}_2 \text{ g Suelo seco}^{-1} \text{ día}^{-1}$) del mes de septiembre para los diferentes tratamientos. Testigo: sin compost ni cultivo de cobertura; CC: Cultivo de cobertura; RSU: Compost de residuos sólidos urbanos; CCC: Compost de cama de caballo y guano de conejo; CP: Compost de cama de pollo. Para cada tratamiento letras diferentes indican diferencias significativas (Test LSD, $p < 0,05$).

Los valores obtenidos en septiembre muestran variaciones respecto a febrero; se observa que nuevamente CP fue superior al resto ($101,29 \mu\text{g CO}_2 \text{ g Suelo seco}^{-1} \text{ día}^{-1}$), diferenciándose significativamente del tratamiento CC y del testigo. Los tratamientos RSU ($63,7 \mu\text{g CO}_2 \text{ g Suelo seco}^{-1} \text{ día}^{-1}$), CCC ($70,8 \mu\text{g CO}_2 \text{ g Suelo seco}^{-1} \text{ día}^{-1}$) se diferenciaron del testigo ($47 \mu\text{g CO}_2 \text{ g Suelo seco}^{-1} \text{ día}^{-1}$), quedando en una situación intermedia CC ($58,5 \mu\text{g CO}_2 \text{ g Suelo seco}^{-1} \text{ día}^{-1}$). Cabe destacar que se observa una mayor actividad en los tratamientos con aplicación de materiales compostados.

La actividad de la enzima ureasa respecto a los distintos tratamientos para el mes de febrero se ve reflejada en la figura 8.

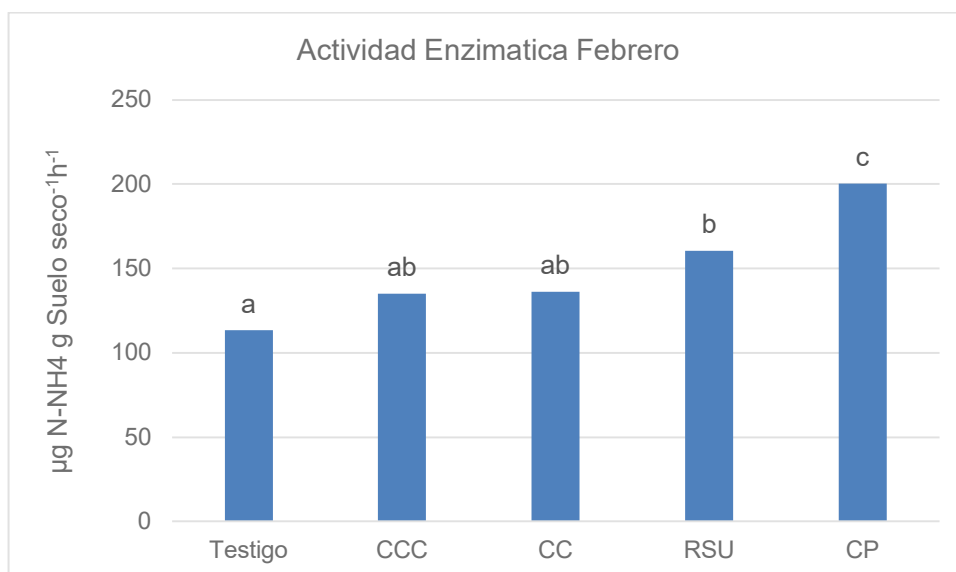


Figura 8. Actividad de la enzima ureasa ($\mu\text{g N-NH}_4 \text{ g Suelo seco}^{-1}\text{h}^{-1}$) para los diferentes tratamientos en el mes de febrero. Testigo: sin compost ni cultivo de cobertura; CC: Cultivo de cobertura; RSU: Compost de residuos sólidos urbanos; CCC: Compost de cama de caballo y guano de conejo; CP: Compost de cama de pollo. Para cada tratamiento letras diferentes indican diferencias significativas (Test LSD, $p < 0,05$).

En este caso se puede ver que, en los tratamientos del mes de febrero, CP se diferencia de todo el resto siendo el resultado de su análisis en laboratorio de $200,4 \mu\text{g N-NH}_4 \text{ g Suelo seco}^{-1}\text{h}^{-1}$. Luego, RSU muestra un valor intermedio $160,4 \mu\text{g N-NH}_4 \text{ g Suelo seco}^{-1}\text{h}^{-1}$; diferenciándose del testigo ($113,3 \mu\text{g N-NH}_4 \text{ g Suelo seco}^{-1}\text{h}^{-1}$). El resto de los tratamientos, CCC y CC, muestran valores de $135 \mu\text{g N-NH}_4 \text{ g Suelo seco}^{-1}\text{h}^{-1}$ y $136,3 \mu\text{g N-NH}_4 \text{ g Suelo seco}^{-1}\text{h}^{-1}$ respectivamente; de manera que no se diferencian del testigo ni del tratamiento RSU.

La actividad de la enzima ureasa para septiembre se observa en la figura 9.

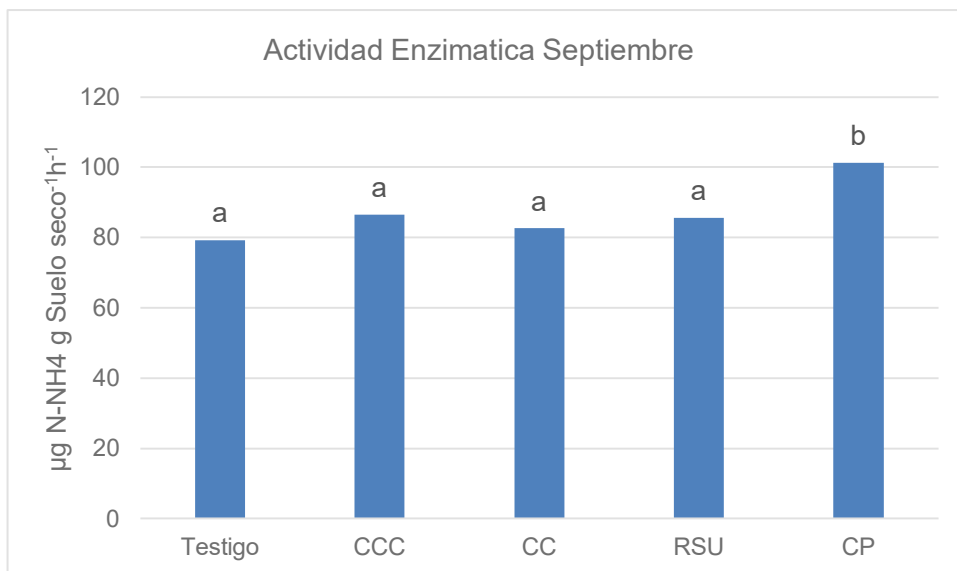


Figura 9. Actividad de la enzima ureasa ($\mu\text{g N-NH}_4 \text{ g Suelo seco}^{-1}\text{h}^{-1}$) para los diferentes tratamientos en el mes de febrero. Testigo: sin compost ni cultivo de cobertura; CC: Cultivo de cobertura; RSU: Compost de residuos sólidos urbanos; CCC: Compost de cama de caballo y guano de conejo; CP: Compost de cama de pollo. Para cada tratamiento letras diferentes indican diferencias significativas (Test LSD, $p < 0,05$).

Para el mes de septiembre, se observan valores generalizadamente menores que el momento anterior. Nuevamente CP se diferencia del resto con un valor de $101,2 \mu\text{g N-NH}_4 \text{ g Suelo seco}^{-1}\text{h}^{-1}$. Tanto el testigo, como CC, CCC y RSU muestran valores similares. El resultado del testigo fue de $79,2 \mu\text{g N-NH}_4 \text{ g Suelo seco}^{-1}\text{h}^{-1}$, siendo el de menor actividad. Le siguen CC y RSU con $82,6 \mu\text{g N-NH}_4 \text{ g Suelo seco}^{-1}\text{h}^{-1}$ y $85,6 \mu\text{g N-NH}_4 \text{ g Suelo seco}^{-1}\text{h}^{-1}$ respectivamente. Por último, CCC fue el que mayor actividad presentó luego de CP, con un resultado de $86,6 \mu\text{g N-NH}_4 \text{ g Suelo seco}^{-1}\text{h}^{-1}$.

7.4 Distintos momentos

Finalmente, de la comparación entre los momentos en que se tomaron las muestras de suelo a analizar, surgen ciertas variaciones en cuanto a los niveles de respiración y

la actividad de la enzima ureasa. En el caso de la actividad respiratoria los resultados quedan plasmados en la siguiente figura (figura 10).

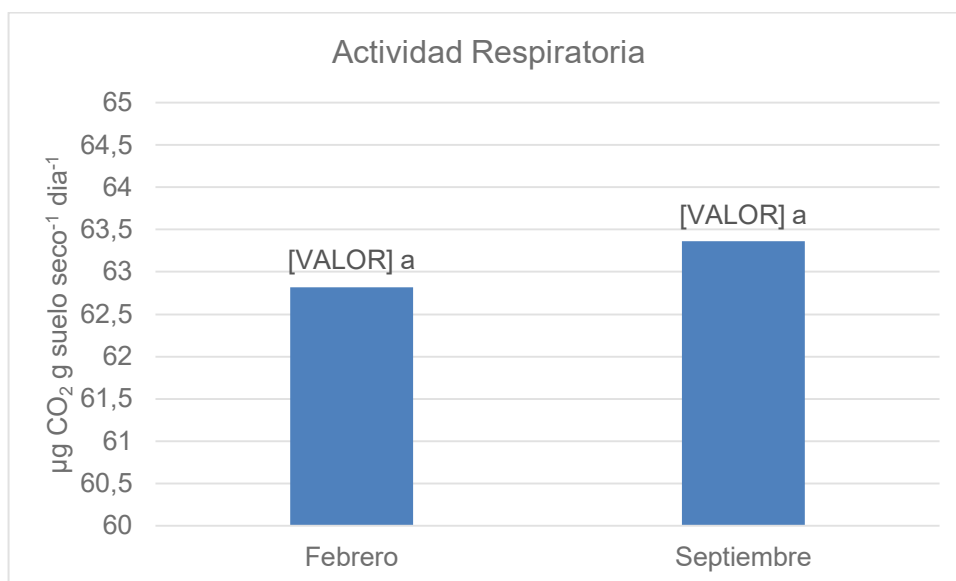


Figura 10. Actividad respiratoria ($\mu\text{g CO}_2 \text{ g suelo seco}^{-1} \text{ día}^{-1}$) para los momentos analizados. Para cada momento letras diferentes indican diferencias significativas (Test LSD, $p < 0,05$).

En este parámetro bioquímico no hubo diferencias entre las distintas épocas; en verano (febrero) se midió una cantidad de $62,8 \mu\text{g CO}_2 \text{ g suelo seco}^{-1} \text{ día}^{-1}$ y en invierno (septiembre) fue de $63,4 \mu\text{g CO}_2 \text{ g suelo seco}^{-1} \text{ día}^{-1}$.

Por otro lado, en el caso de la actividad enzimática sí se vislumbran diferencias de significancia entre los momentos (figura 11). Se puede ver que el mes de febrero supera significativamente a septiembre, con valores de $149,1 \mu\text{g N-NH}_4 \text{ g Suelo seco}^{-1} \text{ h}^{-1}$, frente a $87,1 \mu\text{g N-NH}_4 \text{ g Suelo seco}^{-1} \text{ h}^{-1}$ del segundo.

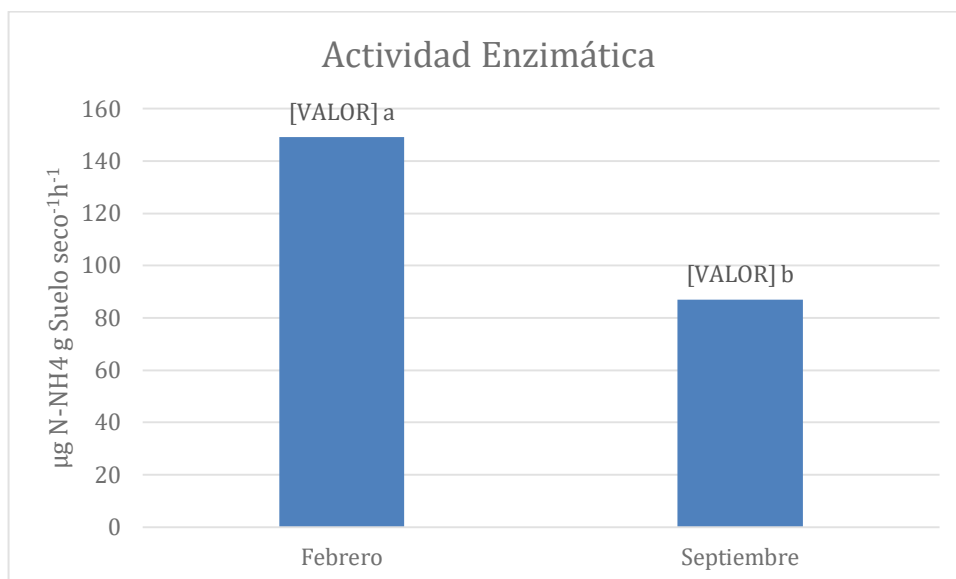


Figura 11. Actividad de la enzima ureasa ($\mu\text{g N-NH}_4 \text{ g Suelo seco}^{-1}\text{h}^{-1}$) para los diferentes momentos. Para cada momento letras diferentes indican diferencias significativas (Test LSD, $p < 0,05$).

8 DISCUSION

8.1 Secuencias

En el caso de las secuencias utilizadas durante los ensayos (S1 y S2), no se observan diferencias significativas entre ellas tanto para respiración como para la actividad enzimática. Caso contrario ocurre en Meriles *et al.*, (2009) donde frente a las diferentes secuencias planteadas (soja/soja, soja/maíz, maíz/soja), similares a las utilizadas en nuestros ensayos, se observan diferencias en las tres secuencias para el parámetro respiración microbiana, siendo la primera y la segunda las de mayores tasas de respiración. En Ferraras *et al.*, (2009) utilizando rotaciones compuestas por soja/soja y maíz-trigo/soja, encuentran diferencias estadísticas entre las mismas en cuanto a la respiración, siendo mayor la actividad en la segunda; difiriendo nuevamente con los resultados de nuestros ensayos. Por otro lado, con respecto a la actividad enzimática, más precisamente la de la enzima ureasa, no se diferencian

significativamente ninguna de las secuencias, coincidiendo con los resultados del presente trabajo.

Es importante apreciar el efecto que tiene la intensificación agrícola sobre la respiración. La agricultura continua y la no rotación de cultivos lleva a menores tasas de respiración. Además, estos indicadores son claramente más sensibles que las variables físico-químicas edáficas; por lo que la merma en la respiración en casos de intensificación agrícola se hace evidente (Di Ciocco *et al.*, 2014).

8.2 Tratamientos y respiración

El tratamiento CP fue mayor que el resto de los tratamientos en ambos momentos, mostrando ser el que mayor actividad respiratoria indujo sobre la microbiota edáfica. Ferreras *et al.*, (2005) realizaron tratamientos análogos a los de nuestro trabajo, arrojando resultados similares. El caso del compost de cama de pollo (CP en nuestro caso), fue el tratamiento que mayor actividad respiratoria provocó.

Vale decir, que a medida que el compost logra una mayor estabilidad a lo largo del tiempo, el efecto que induce en la respiración microbiana disminuye. En nuestro caso, la aplicación de los materiales compostados en la primera etapa se encontraba con una menor estabilidad que en la segunda. Esto puede haber impactado, entre otros factores (e. g.: temperatura y humedad del mes estival), en la diferencia entre los valores obtenidos en febrero ($152 \mu\text{g CO}_2 \text{ g Suelo seco}^{-1}\text{día}^{-1}$) y los del mismo tratamiento aplicado en septiembre ($76,8 \mu\text{g CO}_2 \text{ g Suelo seco}^{-1}\text{día}^{-1}$). Debiéndose a la gran proporción de materiales parcialmente descompuestos que se encuentran en los compost en proceso de estabilización, que sirven de sustratos fácilmente respirables por los microorganismos del suelo, frente a los compostajes ya maduros donde la producción de CO_2 disminuye considerablemente (Mazzarino *et al.*, 2012).

Para el resto de los tratamientos en el mes de febrero no hay diferencias entre ellos, pero se puede observar una tendencia hacia mayor actividad en los tratamientos con compostajes, siendo algo menor CC.

En el mes de septiembre se pueden ver variaciones. En el caso de CC no se diferencia del testigo, y queda por debajo de CCC y RSU. En Ferreras *et al.*, (2009), los tratamientos con cultivos de cobertura y rotaciones similares a las planteadas en este trabajo, no se diferencian del resto de los tratamientos, de la misma manera que ocurre con CC en ambos momentos en este trabajo.

Cuando analizamos los tratamientos CCC y RSU, vemos que no se diferencian entre sí, pero si lo hacen con el testigo. Contrariamente a lo que ocurre en Ferreras *et al.*, (2005) donde estos tratamientos se diferencian entre sí y del resto en el mes invernal. En el mes estival (noviembre para el citado trabajo), los tratamientos se diferencian entre sí, pero el correspondiente a residuos urbanos no lo hace con respecto al testigo, en concordancia con lo ocurrido en este trabajo.

Cabe aclarar que la respiración medida a partir de la emisión del dióxido de carbono, es un indicador directo de la actividad microbiana, e indirecto de la cantidad de materia orgánica disponible (Doran, J. *et al.*, 1997) por lo que siempre sería lógico esperar mayores tasas de respiración en tratamientos con mayor agregado de sustratos orgánicos, más allá que no se diferencien de manera significativa.

8.3 Tratamientos actividad enzimática

Cuando nos centramos en la actividad de la enzima ureasa, se puede ver que CP es el tratamiento que en ambos momentos se diferencia del resto mostrando la mayor actividad de la enzima. Haciendo un paralelismo con lo que ocurre en Zhen *et al.*, (2014) el tratamiento con compostaje que allí realizan, es el de mayores tenores de nitrógeno metabolizable. En nuestro caso, dentro de los tratamientos realizados, el compost de cama de pollo es el que se asemejaría a esas características. Esto se destaca en febrero, donde el compost no se encontraba totalmente maduro. Por lo que se puede inferir la relación que existe entre la composición nitrogenada de las enmiendas aplicadas y su efecto sobre la actividad biológica enzimática de la enzima ureasa.

Los tratamientos CC y CCC no se diferenciaron entre sí. Tampoco lo hicieron con respecto al testigo, pero sí se observa una mayor actividad enzimática de ambos tratamientos en comparación a este último durante el mes de febrero. Esto se puede deber a un mayor contenido de N metabolizable en el caso del tratamiento CC provocando una mayor actividad de la enzima ureasa (Ruffo & Parsons 2004, Ferraras *et al.*, 2010). Para CCC en Albiach *et al.*, (2000) se observa como los compost presentan una mayor actividad enzimática, debido al agregado de sustratos orgánicos que impactan positivamente en la actividad microbiana en general y en particular en la enzimática, por ello presenta una mayor actividad con respecto al tratamiento testigo en esta ocasión. Que no sea notoria en la segunda etapa podría deberse a las menores temperaturas del medio, o tal vez, a la estabilidad de los compost, siendo este factor el más importante en el impacto sobre la actividad enzimática (Albiach *et al.*, 2000).

Que RSU se mantenga en una situación intermedia en la primera etapa del ensayo, diferenciándose del tratamiento testigo, puede deberse a las características que presenta este tipo de compost. Campitelli *et al.*, (2013), muestran que la aplicación de compost de residuos urbanos provocó un aumento de la actividad en la etapa inicial del ensayo y luego descendió, al igual que ocurre en esta situación, ya que RSU en la segunda etapa no se diferencia significativamente del testigo. Esto es ocasionado por la cantidad de metabolitos amónicos que se producen y que posteriormente provocan una merma en la síntesis de la enzima ureasa.

8.4 Momentos

Analizando los distintos momentos en los que se desarrolló el trabajo, no se destacan diferencias de significancia entre ellos en el caso de la actividad respiratoria. Solamente se observa un leve aumento en el mes de septiembre. En los tratamientos realizados en esa época, en Ferreras *et al.*, (2005), la actividad respiratoria es en general menor que en el estival, lo que se explica por los efectos de la disminución de

las temperaturas en esa época. En otro trabajo Ferreras *et al.*, (2015) también reportan un comportamiento similar.

En Salcedo *et al.*, (2018) al estudiar la respiración edáfica se observa que la segunda condicionante de esta actividad (por detrás de la temperatura) es la humedad del suelo. Tal vez, el comportamiento observado en nuestros ensayos pueda deberse a la falta de humedad suficiente durante el verano; de esta forma, al ser la humedad un factor de importancia en la respiración microbiana, estaría contrarrestando los efectos de las temperaturas estivales y favoreciendo la actividad invernal.

Cabe destacar, que la aplicación de los compost fue más cercana en el tiempo con respecto a la toma de muestras en el mes de septiembre, lo que pudo haber provocado un aumento de la actividad respiratoria. En comparación con lo ocurrido en el mes de febrero, donde ya transcurrió un tiempo significativo entre la aplicación de los compost y el muestreo.

Para el análisis de la enzima ureasa, vemos una diferencia significativa entre el momento de verano y el invierno, siendo la actividad mayor en el momento estival. De la misma forma, Núñez *et al.*, (2012) reportan que los análisis de la época estival arrojaron los valores más altos en cuanto a la actividad ureásica, relacionado directamente con las altas temperaturas del suelo. Sin embargo, al observar el trabajo de Tripathi *et al.*, (2007) en las costas de la india, cuando se comparan los momentos y su influencia en la actividad de la enzima ureasa, encontramos que las mayores tasas se observan en el invierno, y las menores en verano. Esto se debe al clima desértico de la región, presentando una época de lluvias previo al invierno. De esta forma, la humedad del suelo pasa a ser el principal condicionante de la actividad enzimática del suelo, dejando a la temperatura en un segundo plano.

Tanto la temperatura como la humedad edáfica (además de los sustratos orgánicos) juegan papeles fundamentales en la dinámica de las actividades metabólicas

microbianas del suelo, aumentando o disminuyendo las mismas, y haciéndose más visible su efecto cuando uno de los condicionantes se impone sobre el otro.

9 CONCLUSION

De lo expuesto a lo largo de este trabajo, se concluye que CP fue el tratamiento que favoreció de manera significativa la actividad microbiana edáfica, tanto respiratoria como enzimática, más precisamente de la enzima ureasa. Los restantes tratamientos alternativos no alcanzaron valores significativos en todos los parámetros con respecto al barbecho tradicional, pero se ve una leve tendencia a mejorarlos. Al ir repitiendo las aplicaciones año a año, esta tendencia debería ser cada vez más marcada, paralelamente al aumento de compuestos orgánicos, debido a estas prácticas alternativas. De esta manera se esperaría una mejora paulatina de la calidad edáfica, disminuyendo el uso de fertilizantes de síntesis, acercándonos a una agricultura cada vez más sustentable.

10 BIBLIOGRAFÍA

Acton, D. F. &Gregorich, L. J. (eds.) 1995. The health of our soils - towards sustainable agriculture in Canada. Centre for Land and Biological Resources Research, Research Branch, Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, Ont. pp: 5-10.

Albiach, M. R., Bonmatí, M., Canet, R., García, C., García, A., Gíl, F. &Leiros, M. C. 2006. Sobre las enzimas del suelo y sus técnicas de medida. España. Edafología 13: 117-125.

Aon, M. A. &Colaneri, A. C. 2001. II. Temporal and spatial evolution of enzymatic activities and physico-chemical properties in an agricultural soil. Appliedsoilecology 18: 255-270.

- Auer, A., Maceira, N. & Mikkelsen, C.** 2019. El proceso de agriculturización en territorios con diferente matriz ecológico-productiva. El caso de la cuenca Mar Chiquita, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de geografía Norte Grande*, 72: 27-53.
- Barsky, O. & Gelman, J.** 2001. Historia del agro argentino, desde la Conquista hasta fines del siglo XX (No. B50/22). Ed. Grupo editorial Grijalbo-Mondadori. Buenos Aires. 460 pp.
- Boccolini, M. F., Cazorla, C. R., Galantini, J. A., Belluccini, P. A. & Baigorria, T.** 2019. Cultivos de cobertura disminuyen el impacto ambiental mejorando propiedades biológicas del suelo y el rendimiento de los cultivos. Ed. Ediciones INTA, 45: 412-425.
- Cruzate, G. A. & Casas, R.** 2012. Extracción y balance de nutrientes en los suelos agrícolas de la Argentina. *Informaciones agronómicas de Hispanoamérica* 6: 7-14.
- Di Ciocco, C. A., Sandler, R. V., Falco, L. B. & Coviella, C. E.** 2014. Actividad microbiológica de un suelo sometido a distintos usos y su relación con variables físico-químicas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo* 46: 73-85.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., González L., Tablada M., Robledo C.W.** InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>. Último acceso: enero 2021
- Doran, J. W., Parkin, T. B.** 1997 Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. *Methods for assessing soil quality*. 49: 25-37.
- Durang, W., Uribe, L., Henríquez, C. & Mata, R.** 2015. Respiración, biomasa microbiana y actividad fosfatasa del suelo en dos agroecosistemas y un bosque en Turrialba, Costa Rica. *Agronomía costarricense*. 39: 37-46.
- Fernández, R.; Quiroga, A.; Noellemeyer, E.** 2012. Cultivos de cobertura, ¿una alternativa viable para la región semiárida pampeana? *Ciencia del suelo* 30: 14pp
- Ferreras, L. A., Toresani, S. M. I., Faggioli, V. S., & Galarza, C. M.** (2015). Sensibilidad de indicadores biológicos edáficos en un Argiudol de la Región Pampeana Argentina. *Spanish Journal of Soil Science*. 5: 14pp.

- Ferreras, L., Gómez, E., Toresani, S., Firpo, I. & Rotondo, R.** 2006. Effect of organic amendments on some physical, chemical and biological properties in a horticultural soil. *Bioresourcetechnology* 97: 635-640.
- Ferreras, L., Toresani, S., Bacigaluppo, S., Dickie, M. J., Fernández, E., Bonel, B., & Bodrero, M.** 2010. Rotaciones con gramíneas y cultivos de cobertura: alternativas para la conservación biológica del suelo. *Para mejorar la producción*. 45: 63-68
- Ferreras, L., Toresani, S., Bonel, B., Fernández, E., Bacigaluppo, S., Faggioli, V. & Beltrán, C.** 2009. Parámetros químicos y biológicos como indicadores de calidad del suelo en diferentes manejos. *Ciencia del suelo* 27: 12 pp.
- Frioni, L.** (1999). Procesos microbiológicos. Tomo2: 50-51.
- Hernández, M. T., Chocano, C., de Aguilar, J. M., González, D. & García, C.** 2006. Incidencia de enmiendas orgánicas sobre la calidad del suelo en ciruelo ecológico. In VII Congreso SEAE. Zaragoza, España. 26: 9 pp.
- Julca Otiniano, A., Meneses Florián, L., Blas Sevillano, R. & Bello Amez, S.** 2006. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia*. Chile. 24: 49-61.
- Lanfranco, J. & N. Carrizo.** 1988. Cartas de suelo de la Estación Experimental Julio Hirschhon. Sin editar
- Lanfranco, J., Pellegrini, A. E. & Cattani, V. M.** 2014. Contenidos de edafología, génesis, evolución y propiedades físico químicas del suelo. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires. 259 pp.
- Lang Ovalle, F. P., Pérez Vázquez, A., Martínez Dávila, J. P., Platas Rosado, D. E., Ojeda Enciso, L. A. & Ortega Zaleta, D. A.** 2007. Actitud hacia el cambio de uso de suelo en la región golfo centro de Veracruz, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 23: 153 pp.

- Manuel Navarrete, D. & Gallopín, G. C.** 2007. Integración de políticas, sostenibilidad y agriculturización en la pampa argentina y áreas extrapampeanas. CEPAL. Naciones Unidas, Seminarios y Conferencias 50: 1-34.
- Manzanal, M.** 2017. Territorio, Poder y Sojización en el Cono Sur latinoamericano. El caso argentino. *Revista Mundo Agrario* 18: 1-26.
- Martínez, E., Fuentes, J. P. & Acevedo, E.** 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal* 8: 68-96.
- Mazzarino, M. J., & Satti, P. S.** 2012. Compostaje en la Argentina. Experiencias en producción, calidad y uso. Editorial UNRN. 55pp.
- Meriles, J. M., Gil, S. V., Conforto, C., Figoni, G., Lovera, E., March, G. J., & Guzman, C. A.** 2009. Soil microbial communities under different soybean cropping systems: characterization of microbial population dynamics, soil microbial activity, microbial biomass, and fatty acid profiles. *Soil and Tillage Research*. 103: 271-281.
- Núñez Ramos, P. A., Jara Castillo, A. A., Sandoval Sandoval, Y., Demanet, R., De La Luz, M.** 2012. Biomasa microbiana y actividad ureasa del suelo en una pradera permanente pastoreada de Chile. *Ciencia del suelo*. 30: 13pp.
- Palma, R. M. & Conti, M. E.** 1990. Urease activity in Argentine soils: field studies and influence of sample treatment. *Soil Biology and Biochemistry* 22: 105-108.
- Paruelo, J. M., Guerschman, J. P., Piñeiro, G., Jobbagy, E. G., Verón, S. R., Baldi, G. & Baeza, S.** 2006. Cambios en el uso de la tierra en Argentina y Uruguay: marcos conceptuales para su análisis. *Agrociencia* 10: 47-61.
- Ruffo, M. L. & Parsons, A.** 2004. Cultivos de cobertura en sistemas agrícolas. *Informaciones agronómicas del cono sur* 21: 13-16.
- Salamanca Romero, C. A.** 2008. Efecto de las fuentes orgánicas obtenidas de los subproductos agroindustriales de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L) y el plátano (*Musa* spp.) sobre la actividad microbiana y enzimático en el suelo. *Maestría Ciencias Agrarias*. 77 pp.

- Salcedo Martínez, L. E., Millán Romero, E.** (2018). Tasa anual de respiración edáfica en cuatro usos de suelo al interior de la Universidad de Sucre (Sede Puerta Roja). 92pp.
- Sarandón, S. J. & Flores, C. C.** 2014. Agroecología. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). Buenos Aires. 467 pp.
- Scianca, C., Álvarez, C., Barraco, M., Pérez, M. & Quiroga, A.** 2007. Cultivos de cobertura en sistemas orgánicos. Aporte de carbono y dinámica de malezas. INTA General Villegas, Memoria Técnica 2006-2007, pp: 10-12.
- Solís, J. D. Á. & Martínez, M. D. J. A.** 2004. Actividad microbiana del suelo bajo diferentes sistemas de producción de maíz en los altos de Chiapas, México. Agrociencia. 38: 13-22.
- Tabatabai, M. A. & Bremner, J. M.** 1972. Assay of urease activity in soils. Soil Biology and biochemistry 4: 479-487.
- Trinidad Santos, A. & Velasco, J.** 2016. Importancia de la materia orgánica en el suelo. Agroproductividad 9: 52-58.
- Tripathi, S., Chakraborty, A., Chakrabarti, K. & Bandyopadhyay, B. K.** 2007. Enzyme activities and microbial biomass in coastal soils of India. Soil Biology and Biochemistry 39: 2840-2848.
- Zamora, F., Mogollón, J. P. & Rodríguez, N.** 2005. Cambios en la biomasa microbiana y la actividad enzimática inducidos por la rotación de cultivos en un suelo bajo producción de hortalizas en el estado Falcón, Venezuela. Multiciencias 5: 62-70.
- Zarrilli, A.** 2010. ¿Una agriculturización insostenible? La provincia del Chaco, Argentina (1980-2008). Historia Agraria 51: 143-176.
- Zhen, Z., Liu, H., Wang, N., Guo, L., Meng, J., Ding, N., Wu, G. & Jiang, G.** 2014. Effects of manure compost application on soil microbial community diversity and soil microenvironments in a temperate cropland in China. PloSone. 9: 12pp